

1032



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES DE POSTGRADO  
SECRETARIA DE SALUD  
HOSPITAL JUAREZ DE MEXICO

REFERENCIAS ANATOMICAS PARA REALIZAR LA  
LAMINOFORAMINOTOMIA CERVICAL

**TESIS DE POSTGRADO**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
LA ESPECIALIDAD EN CIRUGIA NEUROLOGICA  
QUE PRESENTA EL:  
DR. MANUEL CASTILLO DE LA CRUZ

ASESOR DE TESIS:  
DR. RAFAEL MENDIZABAL GUERRA



MÉXICO, D. F.

2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS SUPERIORES DE POSTGRADO  
SECRETARÍA DE SALUD  
HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO

REFERENCIAS ANATÓMICAS PARA  
REALIZAR LA LAMINOFORAMINOTOMÍA  
CERVICAL

TESIS DE POSTGRADO

*QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LA ESPECIALIDAD EN*

CIRUGÍA NEUROLÓGICA

PRESENTA:

DR. MANUEL CASTILLO DE LA CRUZ

MÉXICO, D.F.

2004.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
HOSPITAL JUÁREZ DE MÉXICO

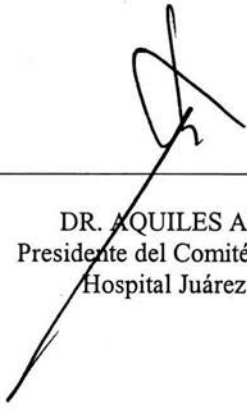
REFERENCIAS ANATÓMICAS PARA REALIZAR  
LA LAMINOFORAMINOTOMÍA CERVICAL.

AUTOR:

DR. MANUEL CASTILLO DE LA CRUZ

ASESOR:

DR. RAFAEL MENDIZÁBAL GUERRA




---

DR. AQUILES AYALA RUIZ  
Presidente del Comité de Investigación  
Hospital Juárez de México




SUBDIVISION DE INVESTIGACION  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE MEDICINA  
U.N.A.M.



---

DR. JOSÉ A. DEL CASTILLO MEDINA  
Jefe de la División de Enseñanza  
Hospital Juárez de México

HOSPITAL JUÁREZ DE MEXICO  
DIVISION DE ENSEÑANZA



---

DR. RAFAEL MENDIZABAL GUERRA  
Jefe del Servicio de Neurocirugía  
Profesor Titular del Curso de Cirugía Neurológica  
Asesor de Tesis  
Hospital Juárez de México

AGRADECIMIENTOS

*A mis padres:* Sr. Amado Castillo antonio  
Sra. Faustina de la Cruz de la Rosa

*A mis Amigos:* Dra. Alejandra Guerrero A.  
Dra. Ana Rosa Nolasco  
Dr. José Alejandro Moreno  
Dr. José Antonio Sánchez T.

*A las familias:* Rivera Palomo de Toluca, Mex..  
Romero Ramírez de Puebla, Pue.  
Sánchez Tomay de Puebla, Pue.

*A los doctores:* Rafael Mendizabal Guerra  
Luis Delgado Reyes  
Ruben Acosta Garcés  
Ingacio Félix  
Angélica Rivas  
Efrén Herrera Martinez  
Carlos Castillo Rangel  
Luz Soriano

*A mis compañeros de residencia:*  
Arturo Ayala Arcipreste  
Vladimir Sattiani  
Luis Perez Garza  
José Luis Gallegos  
Laura Hernández  
Marco Antonio Tellez  
Adolfo Espinosa Laríos

*A dos personas muy especiales:*

DRA. ANA YAZMIN RIVERA PALOMO  
(*naa naxie la be*)

DR. JOSÉ MARÍA SANCHEZ CABRERA q.e.p.d.  
(*vivirá por siempre en la memoria de los vivos, squishepe lii*  
*"caballero"*)

*Al hospital que me formó:*

HOSPITAL GENERAL JUÁREZ DE MEXICO



=====

¿Qué es este sentir de soledad inmensa  
caminando por el pensamiento?  
Al estar lejos de todo lo que disfruté  
y de la seguridad que tenía  
le doy cuerda al recuerdo  
y empiezo a manipular el pasado  
porque la memoria me ha traicionado  
y los recuerdos se han vuelto vagos.  
Siento el toque de la soledad  
que se manifiesta en tristeza y melancolía.  
Muy escondido en mis pensamientos  
algo vaga y me incomoda.  
Pero la rutina diaria en mi vida me ayuda  
Y consigo tranquilidad al repetirme  
las mismas palabras  
que me llevaron a definir las cosas  
como he creído que son en este mundo  
Después me felicito por todo lo que tengo  
y por todo lo que me espera  
He aliviado el vacío pero no mi alma  
Porque haciendo a un lado esa fantasía  
que la importancia y la mitomanía producen  
solo me estoy identificando con los demás,  
haciendo cuentas de mi vida,  
comparando mi existencia con la de todos,  
calculando cuánto se me debe  
y cuándo será el momento para cobrar.  
Pero pienso en la muerte -a la que todo le da igual -  
Y comprendo que esa soledad en mi alma  
es el hecho de saber que soy pasajero  
y que llegué al mundo de la misma forma  
en que me iré de él: solo y sin recuerdos.

Sinclair

## INDICE

I. Sumario	7
II. Antecedentes Generales	9
A. Historia	
B. Definición	
C. Indicaciones para la laminoforaminotomía	
D. Síndrome de compresión radicular cervical	
1. Causas	
2. Diagnóstico clínico	
3. Diagnóstico imagenológico	
4. Tratamiento	
E. Laminoforaminotomía cervical	
1. Anestesia	
2. Posición del paciente	
3. Técnica	
4. Complicaciones	
5. Pronóstico	
III. Planteamiento del problema	17
IV. Hipótesis de trabajo	17
V. Objetivos generales	17
VI. Diseño del estudio	18
VII. Justificación	18
VIII. Material y método	19
IX. Resultados	20
A. Revisión de la anatomía de la región foraminal desde la cara posterior de los cuerpos vertebrales C4, C5, C6 y C7.	
B. Desarrollo de la laminoforaminotomía en los especímenes	
X. Discusión	29
XI. Conclusiones	36
XII. Bibliografía	37

## **I. SUMARIO**

**INTRODUCCION.** La laminoforaminotomía (LF) es una técnica relativamente nueva y poco popular para el tratamiento de la radiculopatía cervical que no requiere de ningún método de fijación ya que no produce inestabilidad de la columna cervical y, comparado con el abordaje anterior, tiene menos complicaciones. Sin embargo, durante las pasadas 4 décadas, el abordaje anterior con o sin fusión ha sido ampliamente adoptado para el tratamiento de la radiculopatía cervical. Aún cuando la LF tiene los mismos resultados terapéuticos.<sup>1</sup> La técnica convencional describe que aproximadamente la mitad inferior de la lámina de arriba y aproximadamente un tercio de la lámina de abajo junto con un tercio de la unión facetaria son removidas.<sup>2</sup>

Estudios in vitro y en pacientes proponen modificaciones en base a las relaciones microanatómicas, uso de un microendoscopio o la forma de acceso al foramen.<sup>3,4</sup>

Hasta el momento, ninguno de los cirujanos que lleva a cabo este procedimiento o algún estudio sobre especímenes de laboratorio han reportado la cantidad exacta de hueso necesario de remover para tener una adecuada exposición de la raíz y poder alcanzar al mismo tiempo la porción posterolateral del disco cervical con el objetivo de tratar hernias cervicales.

Existe solo un estudio anatómico en la literatura que sugiere solamente remover el tercio inferior de la lámina superior para tratar las hernias laterales agudas de disco cervical<sup>5</sup> Pero esta sugerencia no ha sido desarrollada en ningún estudio de laboratorio.

**OBJETIVO.** El objetivo de este estudio fue realizar un “keyhole” de LF usando referencias anatómicas sobre la cara posterior de la vértebra

cervical, suficiente y adecuado, para abrir el foramen, exponer la raíz nerviosa (RN) y alcanzar el disco cervical.

**METODO:** Primero, se revisó la anatomía de la cara posterior de las vértebras C5, C6 y C7 de 3 columnas cervicales para encontrar las referencias anatómicas. Después 6 cabezas con cuello de cadáveres fueron usados y se realizaron LF bilateralmente sobre las columnas cervicales de los especímenes en los niveles C3-4, C4-5, C5-6, C6-7 y C7-T1. La LF fue realizada bajo el microscopio usando un drill de diamante de 3 mm. Las referencias anatómicas encontradas fueron usadas durante el procedimiento. Después que la RN fue disecada, un (pin) alfiler de 2.3 cm fue introducido en el espacio intervertebral de cada nivel estudiado. Finalmente, un control fluoroscópico lateral y posteroanterior fue realizado para demostrar que los pins estaban dentro del disco.

**RESULTADOS:** Usando nuestra referencias anatómicas se realizaron 12 LF en los niveles C3-4, C4-5 y C5-6; 6 a nivel C6-7 y 2 a nivel C7-T1. La RN fue expuesta completamente y el disco vertebral fue localizado arriba de su hombro en 4 especímenes y debajo de su axila en 2 especímenes. El control fluoroscópico demostró que el “keyhole” se encontraba a la misma altura del espacio intervertebral y que los pins estaban dentro del disco.

**CONCLUSIONES.** Las referencias anatómicas empleadas en este estudio para realizar la LF cervical son confiables para abrir el foramen, exponer la raíz y alcanzar el disco cervical, sin importar la posición de la raíz. Estas referencias anatómicas no cambian porque están en la misma vértebra cervical y no se modifican aun cuando el espacio intervertebral se encuentre colapsado por algun proceso osteodegenerativo.

## II. ANTECEDENTES GENERALES

### A. Historia

Mixter y Barr fueron los primeros en informar el abordaje posterior para las hernias de disco lumbares y cervicales.<sup>6</sup> Las modificaciones de sus técnicas a nivel cervical aparecieron y, Scoville<sup>7</sup> desarrolló la “foraminotomía keyhole” que subsecuentemente fue popularizada por otros. Ducker<sup>8</sup> fue el que acuñó el término “*laminoforaminotomía*”. Recientemente se han informado variaciones adicionales a la técnica que incluyen el uso del endoscopio o una ruta transpedicular para el tratamiento de las hernias de disco cervical laterales.<sup>3,4</sup>

### B. Definición

La laminoforaminotomía (LF) incluye la resección de la porción medial de la unión facetaria y la porción latero-inferior de la lámina de arriba y la porción latero-superior de la lámina de abajo. La cantidad de hueso resecaado puede variar de un individuo a otro y depende principalmente de la experiencia del neurocirujano. Pero no se debe resecar más del 50% de la unión facetaria para no causar inestabilidad del segmento cervical operado.<sup>9</sup>

### C. Indicaciones para la LF

El tratamiento quirúrgico de la patología compresiva cervical puede llevarse a cabo mediante un abordaje anterior o posterior. El abordaje anterior está indicado generalmente para resecaar discos localizados a nivel paramediano o central, mientras que los discos laterales o foraminales pueden ser abordados posteriormente con una LF.<sup>10</sup>

La indicación principal es el diagnóstico clínico e imagenológico de un síndrome de compresión radicular cervical.

## **D. Síndrome de compresión radicular cervical (SCRC).**

### **1. Causas.**

Las causas identificadas como responsables de producir el SCRC son hernias lateral o foraminal del disco cervical que producen radiculopatía aguda, disco cervical hipertrofiado, osificación del ligamento longitudinal posterior, cambios espondilóticos degenerativos de la unión uncovertebral, osteofitos que se originan de la faceta articular posterior o fibrosis que rodea la salida de la raíz.<sup>11</sup>

Los niveles mas afectados por orden de frecuencia son C5-6, C6-7, C4-5 y C7-T1.<sup>1</sup>

### **2. Diagnóstico clínico.**

Cuando la palabra “radiculopatía” es utilizada se debe pensar que existe déficit motor, déficit sensitivo y/o cambios en los reflejos osteotendinosos. Los síntomas radiculares agudos típicos se caracterizan por dolor proximal y parestesias distales en el dermatoma de la raíz afectado y dolor en el brazo que se exacerba con los movimientos del cuello.

La radiculopatía crónica se presenta como un déficit motor progresivo de las extremidades superiores junto con atrofia muscular y otros datos neurológicos. Las secuelas devastadoras de la radiculopatía son raras pero las secuelas por problemas de la médula espinal pueden ocurrir.<sup>2,12</sup>

Con la identificación clínica de la radiculopatía, la confirmación neurorradiológica es el siguiente paso. Además de que ayuda a planear la cirugía y seleccionar adecuadamente a los pacientes candidatos a una LF.

### **3. Diagnóstico imagenológico.**

Las radiografías simples, la Tomografía Computarizada (TC) y la Imagen por Resonancia Magnética (IRM) son los tipos de estudios disponibles.

Las radiografías simples son necesarias en todos los pacientes para evaluar la estabilidad de la columna cervical en flexión y extensión.

La TC permite visualizar el cordón espinal en el plano axial, demuestra detalles de anomalía ósea y define la relación del cordón y el canal espinal, incluyendo deformación o compresión del cordón; sobre todo si se acompaña de una mielografía cervical (mielotomografía) que define mejor la compresión espondilótica y es superior a la IRM.<sup>13,14</sup> Aunque tiene el inconveniente de ser un estudio invasivo.

La TC sin mielografía es de escaso valor en discopatía. Pero es recomendado como estudio de elección en las estenosis por osteoartritis de la faceta y la unión uncovertebral. Asimismo proporciona información exacta de las dimensiones y forma del canal espinal y del foramen.<sup>15</sup>

La IRM es superior para visualizar los tejidos blandos y es el estudio de elección actualmente. Las imágenes sagitales y axiales permiten ver perfectamente hernias blandas de discos, el foramen, los discos intervertebrales y, la compresión de cualquier raíz puede demostrarse por la distorsión anatómica que ésta presente. Desafortunadamente las calcificaciones o las osificaciones aparecen como una lesión hipointensa que muchas veces se confunden con lesiones por tejidos blandos y es aquí en donde un estudio adicional de TC ayuda.<sup>16</sup>

#### **4. Tratamiento.**

El tratamiento puede ser conservador o quirúrgico, pero al final, la radiculopatía siempre tendrá que resolverse con una cirugía.

El tratamiento conservador incluye esteroides, analgésicos y relajantes musculares. Pero de acuerdo a estudios serios, ninguno es más efectivo que los analgésicos convencionales. La inyección epidural de esteroides para algunos pacientes resulta benéfica pero, para la mayoría no reporta beneficio alguno. La manipulación cervical de algún tipo no es recomendada y puede ser peligrosa.<sup>10</sup>

La actividad física probablemente empeore la compresión radicular por lo que se sugiere disminuir los movimientos del cuello y usar un collarín cervical suave en los primeros días de dolor intenso sobre todo cuando este se exagera con los movimientos del cuello.<sup>17</sup>

Se sugiere continuar con el manejo conservador mientras el paciente se sienta bien y no empeore. Aunque muchos pacientes con radiculopatía pueden mejorar con el tiempo, una debilidad residual y dolor pueden persistir. Si la debilidad persiste y el dolor está presente, o llegan a incrementarse, la cirugía es necesaria. En general, la cirugía está indicada en aquellos pacientes con dolor radicular que no mejora con tratamiento conservador o con un déficit neurológico radicular.<sup>18</sup>

Para el síndrome de compresión radicular la LF es recomendada con reportes incluso de mejoría de hasta 100%.<sup>19</sup>

## **E. Laminoforaminotomía cervical.**

### **1. Anestesia.**

La elección de la anestesia queda a cargo del médico anesthesiologo.

### **2. Posición del paciente.**

Se puede usar la posición sentada o la de pronación. Las dos posiciones tienen ventajas y desventajas. La posición prona causa ingurgitación de las venas epidurales y de los tejidos blandos que pueden producir sangrado transoperatorio que bloquea la visión y compromete la descompresión. La posición sentada evita lo anterior pero tiene riesgo de inestabilidad cardiovascular y embolismo aéreo.<sup>20</sup> La incidencia de embolismo aéreo grave con esta cirugía es menor del 6% y las secuelas cardiovasculares ocurren solo en casos raros.<sup>2</sup>

La mayoría de los cirujanos y anesthesiologos prefieren la posición prona.



### **3. Técnica.**

La exposición de la lámina y del foramen para descomprimir el nervio puede ser hecha con una incisión media o lateral. Independientemente de la que se elija, la incisión debe ser lo suficientemente aceptable para que los instrumentos puedan ser manipulados dentro del campo operatorio sin obliterar la visión del cirujano.<sup>17</sup> La incisión lateral se debe centrar sobre la unión facetaria y se toma de referencia para su longitud la punta del proceso espinoso de arriba y de abajo que son adyacentes al nivel comprometido.<sup>21</sup>

Las láminas y dos tercios de la faceta se exponen y se retraen lateralmente los músculos. Se debe considerar el hecho de que si el cuello es colocado en hiperflexión, los músculos y los tendones adyacentes están extremadamente firmes y harán difícil esa retracción lateral. Por ello, se sugiere flexionar el cuello ligeramente. Y si el cuello se coloca en extensión no será fácil tener acceso al espacio interlaminar.<sup>2</sup>

Se debe realizar un control radiográfico para confirmar el nivel y antes de empezar a resear hueso el microscopio debe ser colocado para magnificar el campo quirúrgico.

La remoción de hueso se inicia en el área facetaria interlaminar con un drill de alta velocidad o con una pinza angulada de Kerrison de 2 mm, se sugiere solo usarlo en pacientes sin estenosis foraminal, es decir que tengan un fragmento blando de disco secuestrado. Los pacientes con una marcada estenosis del foramen y del canal, se prefiere usar el drill de alta velocidad para adelgazar el hueso y descomprimir el canal y el nervio con curetas finas anguladas y rectas. Esto por la posibilidad de comprimir aun más la raíz al usar la pinza de Kerrison.<sup>2</sup>

El porcentaje de la resección facetaria está basada en la extensión de la patología foraminal.<sup>22</sup> Pero no debe ser mayor del 50% para no producir

inestabilidad de la columna cervical como se ha demostrado en estudios *in vitro*.<sup>9,23,24,25</sup>

En cuanto a la resección de la lámina, en la LF tradicional se remueve la mitad de la lámina de la vértebra de arriba y aproximadamente un tercio de la lámina de abajo.<sup>2</sup> (Figura 1).

El siguiente paso es identificar y exponer el ligamento amarillo con el fresado. Se puede dejar una capa delgada de hueso que se remueve posteriormente con alguna cureta fina. El ligamento amarillo es disecado de la duramadre y del plexo venoso epidural y, usando irrigación y coagulación bipolar, el ligamento y el plexo venoso son coagulado y divididos para exponer la raíz nerviosa.<sup>21</sup>

La raíz del nervio debe ser visualizada perfectamente como sale de la dura y el plexo venoso dural que la rodea se debe coagular. Sobre decir que la remoción del tejido fibroso que se encuentre sobre la raíz del nervio es necesaria. Si un fragmento blando de disco herniado se encuentra, se remueve y no es necesario abrir y/o entrar al espacio intersomático para remover mas disco intervertebral ya que como se ha demostrado la recidiva de disco blando es poco común.<sup>2</sup>

Antes de cerrar el abordaje se debe realizar una exploración cuidadosa del campo y realizar hemostasia obsesiva usando el bipolar, microcotonoides temporales o algún material hemostático y, si quedara aun duda, se puede dejar un drenaje que se removerá en 24-48 h. Aunque un hematoma por este procedimiento es extremadamente raro.

El cierre se realiza con vicryl 3-0 en el plano subcutáneo y la piel puede cerrarse con el mismo material o con nylon 4-0 con una sutura subcuticular o subdérmica.

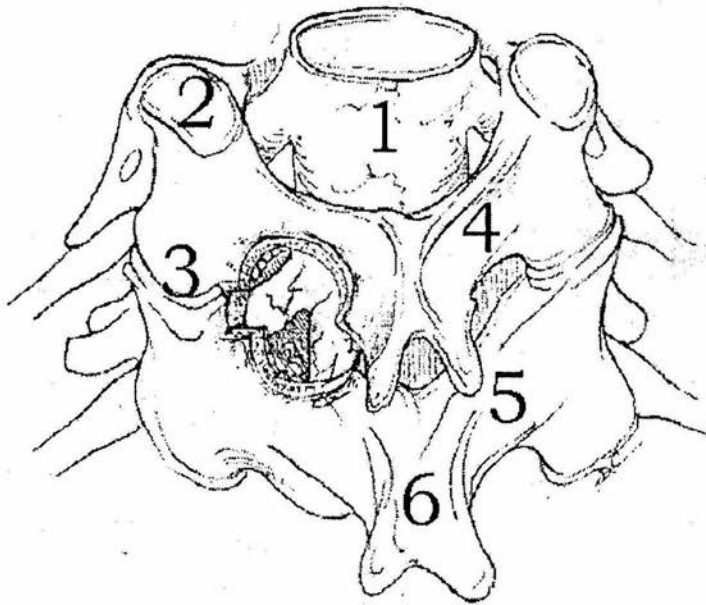
#### **4. Complicaciones**

La complicaciones transoperatorias de este abordaje oscila entre 0-4% en las diferentes series e incluyen infección de la herida, hematomas en la herida, pérdida excesiva de sangre en pacientes obesos colocados en la posición prona, probabilidad de hipotensión relativa en pacientes operados en la posición sentada, neumoencéfalo por perforación dural si la cabeza está elevada y, es raro pero deben considerarse, una fistula de líquido cerebroespinal y lesión de la arteria vertebral.<sup>2,10,11,19</sup>

#### **5. Pronóstico**

Con la sola liberación de la raíz nerviosa el 93% de los pacientes se liberan de sus síntomas.<sup>26</sup> Pero si se es extremadamente cuidadoso en seleccionar a los pacientes y remover el disco o el osteofito, entonces los resultados pueden ser tan altos como 97 o 100%.<sup>1,8,11,17-19,21,26-30</sup>

El factor principal que afecta el pronóstico de estos pacientes es el largo tiempo de déficit neurológico preoperatorio.<sup>2,31</sup>



**Figura 1.** Muestra el “keyhole” de la LF estándar. La mitad de la lámina de arriba, un tercio de la lámina de abajo y un tercio de la unión facetaria con resecaos. 1=Saco dural y médula espinal; 2=FAS; 3=Faceta articular inferior; 4=Lámina superior; 5=Lámina inferior; 6=Proceso espinoso.

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

No existe ninguna publicación en la literatura acerca de la cantidad exacta de hueso necesario para realizar un “keyhole” en la LF. Los cirujanos que llevan a cabo este procedimiento y los estudios llevados a cabo sobre especímenes de laboratorio tampoco han reportado referencias anatómicas para realizarla.

Existe solo un estudio anatómico en la literatura que sugiere que solo se necesita remover el tercio inferior de la lámina superior para encontrar el disco. Dicha sugerencia no ha sido comprobada todavía.

Este estudio busca demostrar que es posible llevar a cabo un “keyhole” suficiente para abrir el foramen, exponer la raíz y localizar el disco cervical empleando referencias anatómicas.

### **IV. HIPÓTESIS DE TRABAJO**

Para realizar la LF y tener una adecuada exposición de la raíz, independientemente de la patología a tratar:

- ¿Es posible conocer desde el principio de la LF cuánto hueso es suficiente remover para abrir el foramen y exponer la raíz?
- ¿Existe alguna referencia anatómica que indique a que nivel se encuentra el disco intervertebral?

### **V. OBJETIVOS GENERALES**

1. Realizar una revisión bibliográfica acerca de un abordaje posterior y microquirúrgico de la columna cervical llamado laminoforaminotomía (LF).
2. Revisar la anatomía de la cara posterior de las vértebras C4, C5, C6 y C7 de tres columnas vertebrales para buscar referencias anatómicas y usarlas para llevar a cabo la LF .

3. Desarrollar la técnica en un laboratorio de microcirugía empleando 6 cabezas con cuellos de cadáveres a nivel C3-4, C4-5, C5-6 y C6-7 usando las referencias anatómicas encontradas.
4. Localizar el espacio intervertebral después de realizar la LF y marcarlo con un alfiler (pin).
5. Realizar controles radiográficos para demostrar que el espacio intervertebral fue localizado.

## **VI. DISEÑO DEL ESTUDIO**

Se trata de un estudio anatómico y quirúrgico de tipo original, biomédico, prospectivo y descriptivo experimental, realizado en un laboratorio.

### **A. Tamaño de la muestra**

Se emplearon tres columnas cervicales humanas completas y desarticuladas y, 6 cabezas con cuello de cadáveres humanos inyectados y preservados en formalina. Número suficiente para un reporte de este tipo.

### **B. Criterios de inclusión**

Se incluyeron especímenes con la columna vertebral y su contenido intactos.

### **C. Criterios de exclusión**

No se incluyeron especímenes cuya columna cervical o el contenido de las mismas estuvieran dañadas o hubieran sido utilizadas previamente.

## **VII. JUSTIFICACION**

No existe ningún reporte neuroquirúrgico, estudio anatómico o de disección in vitro que describa la cantidad exacta de hueso a remover en la LF para abrir el foramen, exponer la raíz y alcanzar el espacio intervertebral.

En el presente estudio se utilizan referencias anatómicas localizadas sobre la cara posterior de la misma vértebra cervical a trabajar para delimitar un “keyhole” que permita abrir el foramen, exponer la raíz nerviosa y localizar la porción posterolateral del disco cervical con el objetivo de tratar hernias de disco cervicales laterales o foraminales.

## **VIII. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **A. Material**

- 3 columnas cervicales humanas completas y desarticuladas.
- 6 cabezas con cuello de cadáveres humanos inyectadas y preservadas en formalina.
- 1 microscopio quirúrgico robótico marca Carl Zeiss.
- Drill de alta velocidad impulsada por aire comprimido
- Fresas esféricas de diamante de 4, 3 y 2 mm de diámetro.
- Cánula Frazier fina para succión
- Estuche de disección
- Instrumental microquirúrgico de disección
- Pinza de Kerrison angulada de 2 mm
- Microcuretas rectas y anguladas
- Gasas y campos quirúrgicos
- Guantes de latex desechables
- Gorras, cubrebocas y batas quirúrgicas
- Jabón quirúrgico y desinfectante
- 1 marcador quirúrgico
- 1 TV-monitor
- 1 Fluoroscopio “C-arm” con software y monitor
- Chaleco de protección contra la radiación del fluoroscopio

- 1 cámara digital Sony
- 10 Microdiscos de 3.5” para computadora
- 1 computadora Lap-top
- 1 impresora láser

### **B. Método.**

Para este estudio, primero se revisó con un microscopio quirúrgico la anatomía de la cara posterior de los cuerpos vertebrales C4, C5, C6 y C7. Posteriormente 6 cabezas con cuellos de cadáveres inyectados y conservados en formalina se emplearon para desarrollar laminoforaminotomías bilaterales en los niveles C3-4, C4-5, C5-6, C6-7 y C7-T1.

Para este propósito se utilizó un microscopio quirúrgico robótico, fresas con punta de diamante e instrumental microquirúrgico.

Cada paso durante la realización de la laminoforaminotomía fue registrado con fotografías en una cámara digital conectada al microscopio.

El espacio intervertebral fue marcado con un pin (alfiler) y se realizó un control fluoroscópico a cada espécimen. Se obtuvo una proyección lateral de cada columna cervical y una proyección posteroanterior de cada nivel trabajado para demostrar que el pin se encontraba dentro del disco.

## **IX. RESULTADOS**

### **A. Revisión de la microanatomía de la región foraminal desde la cara posterior de los cuerpos vertebrales C4, C5, C6 y C7.**

Se revisaron bajo el microscopio y por separado las vértebras C4, C5, C6 y C7 de tres columnas vertebrales secas y desarticuladas. Las relaciones anatómicas de las estructuras sobre las que la laminoforaminotomía se realiza fueron evaluadas y se encontró lo siguiente:



1. Las láminas de las vértebras se ensanchan lateralmente en forma importante en su mitad lateral.
2. El borde superior de la faceta articular superior (FAS) es el punto más alto desde la vista posterior de las vértebras.
3. El proceso uncinado se proyecta unos milímetros por encima de la unión laminofacetaria y el borde superior del cuerpo vertebral se encuentra a la misma altura del borde superior de la lámina. (Figura 2A)
4. La cara anterior de la FAS se continúa hacia abajo con el borde superior del pedículo vertebral. Sobre este borde superior la raíz se desliza para salir del foramen y, se sabe que la distancia que hay entre la raíz y este borde es de 0 mm.
5. El borde superior del pedículo se sitúa a la misma altura del borde inferior de la FAS. (Figura 2B)
6. Si se trazara una línea transversal que pasara en el borde inferior de la FAS se podría delimitar el área de la lámina a resear; solo se necesita incluir el borde medial de la FAS.
7. Usando el borde inferior de la FAS como límite inferior para la LF y reseando el borde medial de dicha faceta y de la lámina adyacente que queden arriba de este límite, es suficiente para abrir el foramen. (Figura 2A, 2B y 2C).
8. En el punto medio de la distancia entre el borde superior e inferior de la FAS el borde superior del cuerpo vertebral se proyecta. Por lo tanto, el disco debe buscarse también a esta altura medial al proceso uncinado.

#### **B. Desarrollo de la LF en los especímenes.**

Se realizó un total de 44 laminoforaminotomías. 12 a nivel C3-4, 12 a nivel C4-5, 12 a nivel C5-6, 6 a nivel C6-7 y 2 a nivel C7-T1. Esto porque

la columna cervical completa no estaba disponible en todos los especímenes.

En cada una de las LF las referencias anatómicas encontradas y descritas arriba se utilizaron. El keyhole realizado fue suficiente para abrir la pared posterior del foramen, exponer la raíz y encontrar la porción posterolateral del disco cervical.

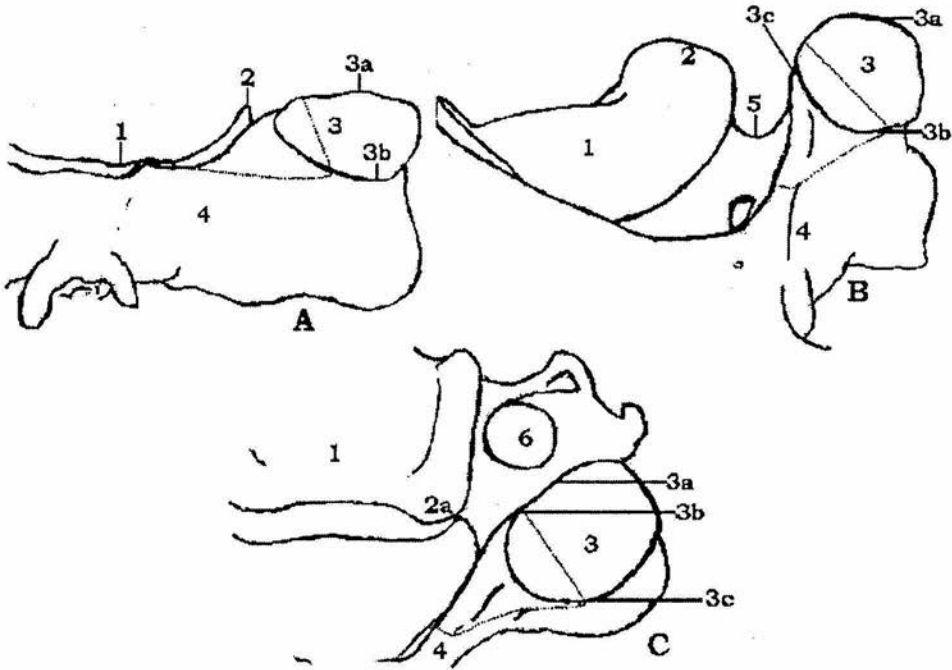
La técnica quirúrgica utilizando dichas referencias anatómicas para este keyhole es la siguiente: se remueve con el drill de alta velocidad y una fresa de diamante de 3 mm el tercio inferior de la lámina superior incluyendo 20-30% de la porción medial de la faceta articular inferior para descubrir el borde medial de la FAS y la lámina adyacente. El borde inferior de la FAS fue utilizado como el límite inferior del keyhole y el borde medial de dicha faceta junto con la lámina adyacente por arriba de este límite, fueron removidos para abrir el foramen. (Figura 3)

Posteriormente el ligamento amarillo y el plexo venoso epidural se resecaron para exponer la raíz nerviosa (RN). (Figura 4)

El punto medio de la distancia entre los bordes superior e inferior de la FAS se utilizó para localizar el disco cervical medial al proceso uncinado. (Figura 5)

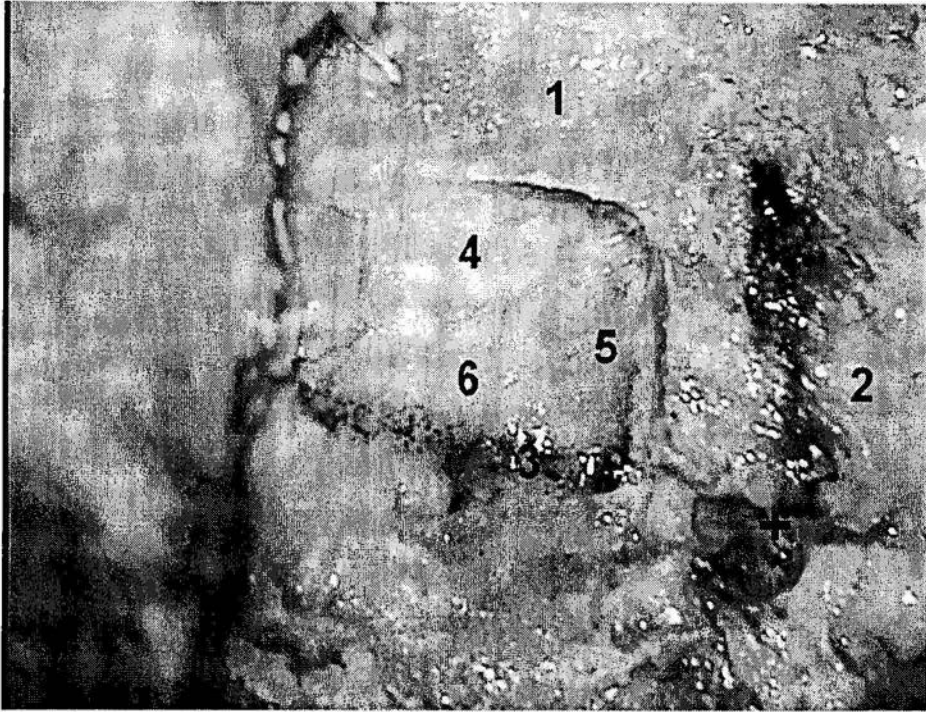
El disco se localizó arriba del hombro de la raíz cervical en 4 especímenes y debajo de la axila en 2 especímenes. (Figura 5 y 6) El disco fue localizado medialmente debido a que anatómicamente la unión uncovertebral forma el límite lateral del espacio intervertebral.

El control fluoroscópico demostró que el keyhole se localizaba a la misma altura del disco cervical y que el pin se encontraba dentro del disco. (Figura 7 y 8)

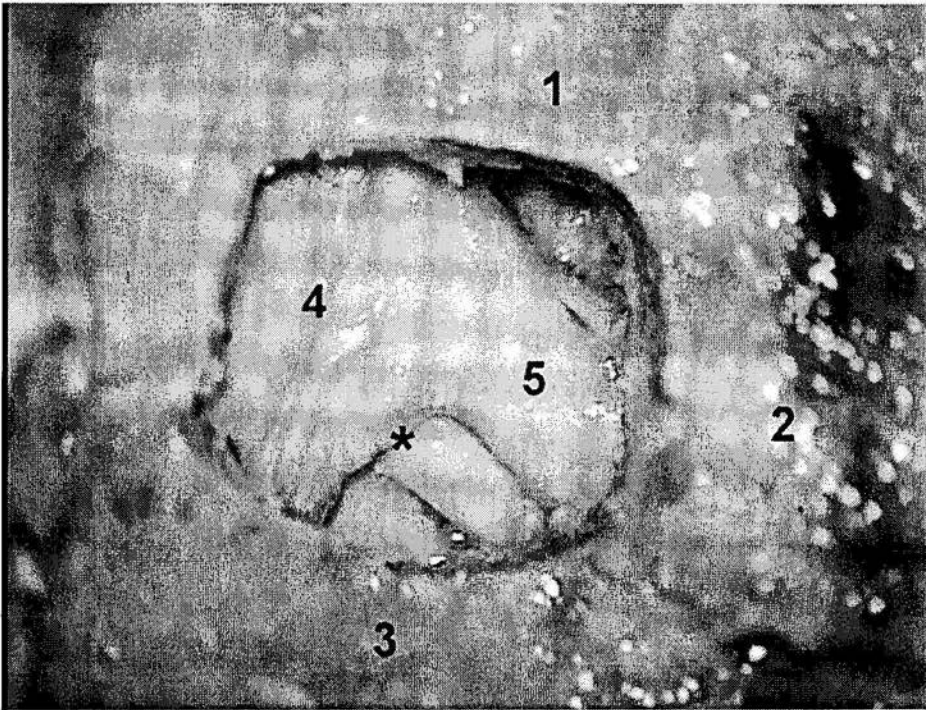


**Figura 2A.** Vista posterior del cuerpo vertebral C5, nótese que el borde superior del cuerpo vertebral se encuentra a la misma altura del borde superior de la lámina. El proceso uncinado se proyecta por encima del borde superior de la lámina. **Figura 2B.** El borde superior del pedículo se proyecta a la misma altura del borde inferior de la faceta articular superior (FAS). **Figura 3C.** Vista superior del cuerpo vertebral C6 el proceso uncinado forma la cara anteromedial del foramen. Cada figura muestra con líneas punteadas la porción de la unión laminofacetaria inferior que se debe remover para abrir el foramen, exponer la raíz nerviosa y alcanzar el disco cervical.

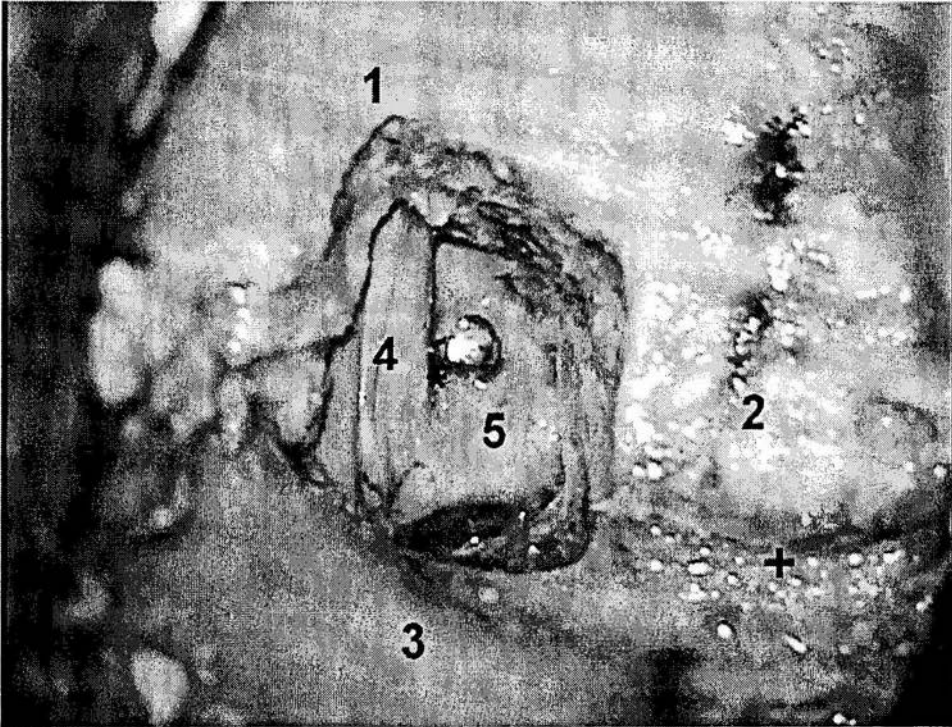
1=Borde superior del cuerpo vertebral; 2=Proceso uncinado; 2a=Punta del proceso uncinado; 2a=Porción anteromedial del proceso uncinado; 3=FAS; 3a=Borde anterior de la FAS; 3b=Borde medial de la FAS; 3c=Borde inferior de la FAS; 4=Lámina superior; 5=Borde superior del pedículo; 6=Agujero vertebral.



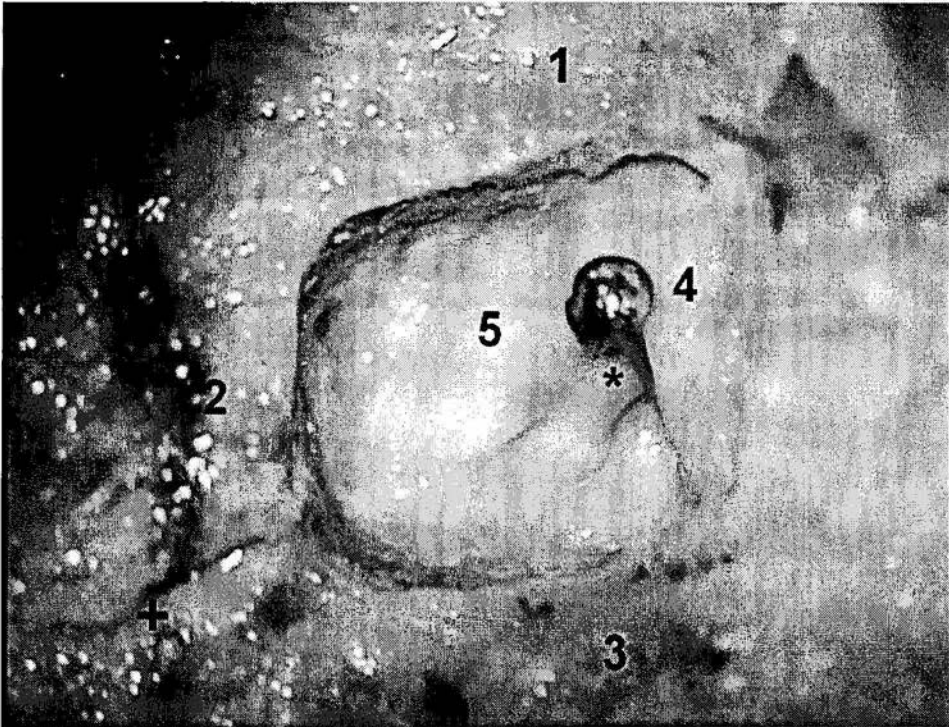
**Figura 3.** El tercio inferior de la lámina de arriba y 20-30% de la faceta articular inferior han sido removidos para exponer el ligamento amarillo, el borde medial de la faceta superior y la lámina adyacente. Una línea transversal que pasa sobre el borde inferior de la faceta superior señala el límite inferior del keyhole. 1=Lámina superior; 2=Faceta articular inferior; 3=Límite inferior de la LF; 4=Ligamento amarillo; 5=Borde medial de la FAS; 6=Lámina inferior adyacente. (\*)=Línea media vertical que señala la mitad de la faceta articular inferior; (+)=Borde inferior de la FAS.



**Figura 4.** Continuación de la figura 3. La raíz queda expuesta completamente después de remover el hueso marcado, el ligamento amarillo y el plexo venoso epidural. 1=Lámina superior; 2=Faceta articular inferior; 3=Lámina inferior; 4=Saco dural; 5=Raíz nerviosa; (\*)=Axila de la raíz nerviosa.

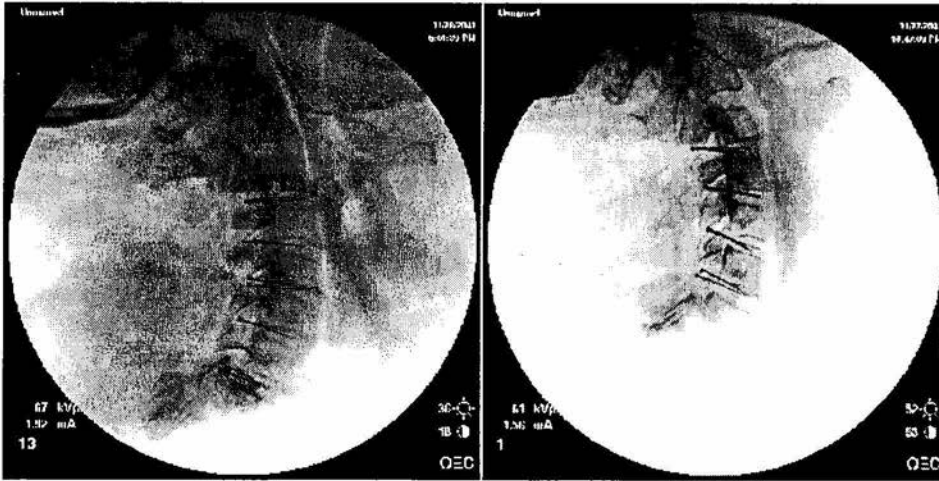


**Figura 5.** Un pin fue introducido en la porción posterolateral del disco cervical que fue localizado en el punto medio de la distancia entre el borde superior e inferior de la faceta articular superior (FAS). En este caso el disco se encuentra por arriba del hombro de la raíz C6 derecha. 1=Lámina superior; 2=Faceta articular inferior; 3=Lámina inferior; 4=Saco dural; 5=Raíz nerviosa; (\*)=Hombro de la raíz nerviosa. (+)=Borde inferior de la FAS.

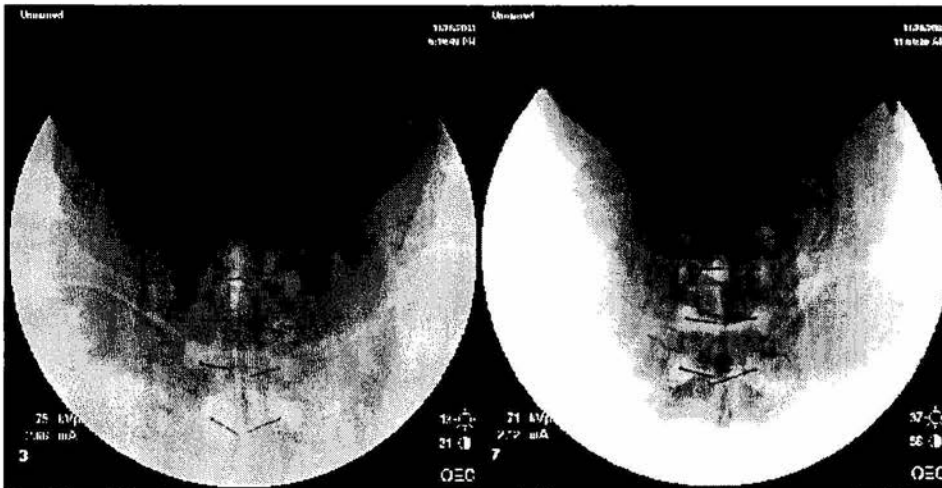


**Figura 6.** En esta figura el pin señala el sitio en donde se localiza el disco cervical: por debajo de la axila de la raíz de C7 derecha. La raíz tiene una dirección oblicua y no se requiere de tracción para localizar el disco. 1=Lámina superior; 2=Faceta articular inferior; 3=Lámina inferior; 4=Saco dural; 5=Raíz nerviosa; (\*)=Axila de la raíz; (+)=Bode inferior de la FAS.





**Figura 7.** Control fluoroscópico lateral de 2 especímenes que muestran los pins dentro de los espacios intervertebrales de los niveles trabajados.



**Figura 8.** Control fluoroscópico posteroanterior de los 2 especímenes anteriores que muestran que el keyhole realizado se encuentra a la altura del espacio intervertebral con los pins dentro del disco.



## **X. DISCUSIÓN**

La LF es un abordaje de mínima invasión que requiere del uso de un microscopio y de instrumental microquirúrgico adecuado. La indicación para realizarla es el diagnóstico clínico e imagenológico de un síndrome de compresión radicular cervical producido por una estenosis lateral foraminal, atribuida a hernias de disco cervical, discos hipertrofiados, osificación del ligamento longitudinal posterior, cambios degenerativos espondilóticos de la unión uncovertebral, osteofitos que se originan en la unión facetaria posterior o fibrosis de la manga de la raíz. Las hernias de disco lateral o foraminal u osteofitos son más frecuentemente localizados a nivel C6-7 con déficit de la raíz C7; subsecuentemente los niveles afectados, en orden descendente incluyen C5-6 (déficit en la raíz de C6), C4-5 (déficit en la raíz de C5) y C7-T1 (déficit en la raíz C8).<sup>1,26</sup>

Independientemente de la cantidad de lámina que se tenga que resear es importante evitar resear más de la mitad de la articulación facetaria. Estudios de biomecánica han demostrado que la facetectomía unilateral disminuye la fortaleza de la columna cervical en un 31%.<sup>25</sup> La resección unilateral o bilateral de más de 50% de la unión facetaria crea un segmento de hipermobilidad o disminución importante de la estabilidad del segmento y compromete la estabilidad de la columna cervical.<sup>9,25</sup>

La técnica quirúrgica de LF descrita por cada uno de los cirujanos tiene un objetivo final: exponer la raíz nerviosa (RN).

La LF fue popularizado primero por Scoville<sup>32</sup>. En su técnica describe un keyhole para remover la porción medial de la faceta y suficiente lámina arriba y abajo de la RN; removiendo todo el hueso que sea necesario para exponerlo sin describir ninguna referencia anatómica para llevarlo a cabo.

Fager<sup>33</sup> describió una LF donde más que crear un Keyhole, realiza una hemilaminectomía completa desde el borde inferior de la lámina de abajo

al borde superior de la lámina de arriba dejando una porción medial de lámina medialmente para permitir la movilización de la RN sin provocar trauma. Fager tampoco describe alguna referencia anatómica para localizar el disco.

Ducker et al<sup>2</sup> quien acuñó el término “laminoforaminotomía” describe que aproximadamente la mitad de la lámina de arriba y un tercio de la lámina de abajo junto con, aproximadamente, un tercio de la unión facetaria son removidos. Después de que la RN está descomprimida y libre, su axilla se retrae hacia arriba para identificar el ligamento longitudinal posterior y el disco. Ducker también no describe referencias anatómica para realizar el keyhole o localizar el disco.

Henderson et al<sup>26</sup>, quien tiene el reporte con el mayor número de pacientes tratados con LF, describe que cantidades variables de hueso del aspecto inferior de la lámina superior y de la cara posterior del foramen son removidos, usando una pinza Kerrison angulada de 3 mm, hasta que la RN comprometida se libera arriba, abajo, posterior e inferiormente. Debido a que Henderson no reseca el ligamento amarillo para exponer la dura o remover algún fragmento de disco, sus referencias anatómicas para una adecuada descompresión de la RN fueron los cambios en la apariencia de la RN y la apariencia de una vena lateral sobre el punto de entrada de la RN en el foramen. Este autor removía hueso de las láminas y las facetas sin ninguna referencia ósea anatómica.

Rock et al<sup>21</sup> describe que se debe remover la mayoría del hueso de pedículo a pedículo y porciones de facetas y láminas con un drill de alta velocidad con el propósito de abrir el foramen y exponer la RN completamente para manipularlo y explorarlo. Rock no reporta la cantidad de hueso exacta que se debe remover de la lámina y de la unión facetaria.

Woerteng et al<sup>27</sup> describe que un tercio de la lámina de arriba y de abajo junto con un tercio de la union facetaria medial son removidos con un drill de alta velocidad. Además, el borde medial del pedículo inferior es removido. Woerteng tampoco reporta ninguna referencia anatómica.

Otras series reportadas por Aldrich<sup>19</sup>, Tomaras et al<sup>29</sup>, Witzmann et al<sup>30</sup>, Rodrigues et al<sup>1</sup> and Harrop et al<sup>18</sup> han descrito la técnica de LF con mínimas modificaciones para tratar las hernias de disco. Sin embargo ninguno proporciona o usa alguna referencia anatómica.

Estudios anatómicos relacionados con este procedimiento han sido reportados también. Se sabe que la RN sale del saco dural en posición horizontal o en ángulo oblicuo.<sup>34</sup> Tanaka *et al*<sup>35</sup> reportó que la relación anatómica entre la raíz nerviosa y el disco cervical correspondiente en el foramen intervertebral depende del nivel espinal. Así, el disco cervical C4-5 está proximal al hombro de la raíz de C5, el disco C5-6 está anterior a la raíz de C6 y el disco C6-7 está abajo de la axila del nervio C7.

Pero, anatómicamente esto no es verdad porque la articulación uncovertebral es el límite lateral del espacio intervertebral y el límite anteromedial del foramen.<sup>34</sup> (Figura 9). Asimismo, el ancho de la base del proceso uncinado debe tomarse en cuenta, ya que llega a medir alrededor de 5 a 6 mm a nivel C3-7.<sup>36</sup>

Una referencia anatómica importante es la relación entre la RN y el borde superior del pedículo. La RN sale del foramen sobre el borde superior del pedículo y el saco dural está sobre el borde medial del pedículo.<sup>37</sup>

En el presente estudio se encontró que la RN en su salida permanece debajo del borde superior de la FAS. El aspecto anterior de la FAS se continua con el borde superior del pedículo y éste se proyecta posteriormente a la misma altura del borde inferior de la FAS.

En otro estudio, Ebraheim *et al*<sup>5</sup> informó que el borde superior de los cuerpos vertebrales C3-7 es aproximadamente 1-3 mm más alto que el borde superior de la lámina y que el disco cervical y el proceso uncinado se localizan superior a la lámina correspondiente en el plano frontal de la cara posterior de la vértebra. Además, sugiere que una laminotomía semicircular en la porción lateral de la lámina de arriba es suficiente para alcanzar el disco cervical y que la resección del aspecto superior de la lámina de abajo no es necesario. (Figura 10)

Pero con esta laminotomía el foramen no se abre y la raíz nerviosa no se puede exponer. Además, al llevarla a cabo en este estudio solo se logró exponer la unión laminofacetaria de la vértebra de abajo (Figura 3) y el keyhole no es lo suficiente cómodo para trabajar.

En nuestro estudio usamos el borde inferior de la FAS como límite inferior de la LF porque está a la misma altura del borde superior del pedículo. Así que, después de quitar un tercio de la lámina superior y 20-30% de la faceta inferior para exponer la unión laminofacetaria y el borde medial de la FAS, la resección de este segmento por encima de nuestro límite inferior fue suficiente para abrir el foramen y exponer la raíz. (Figura 4)

Aunque la punta del proceso uncinado es más alto que el borde superior de la lámina, permanece más bajo que el borde superior de la FAS. El borde superior del cuerpo vertebral queda en el punto medio entre los bordes superior e inferior de FAS superior. Estas referencias anatómicas no cambian porque están en la misma vértebra. Y en este estudio los bordes superior e inferior de la FAS fueron las referencias anatómicas utilizadas para encontrar el disco.

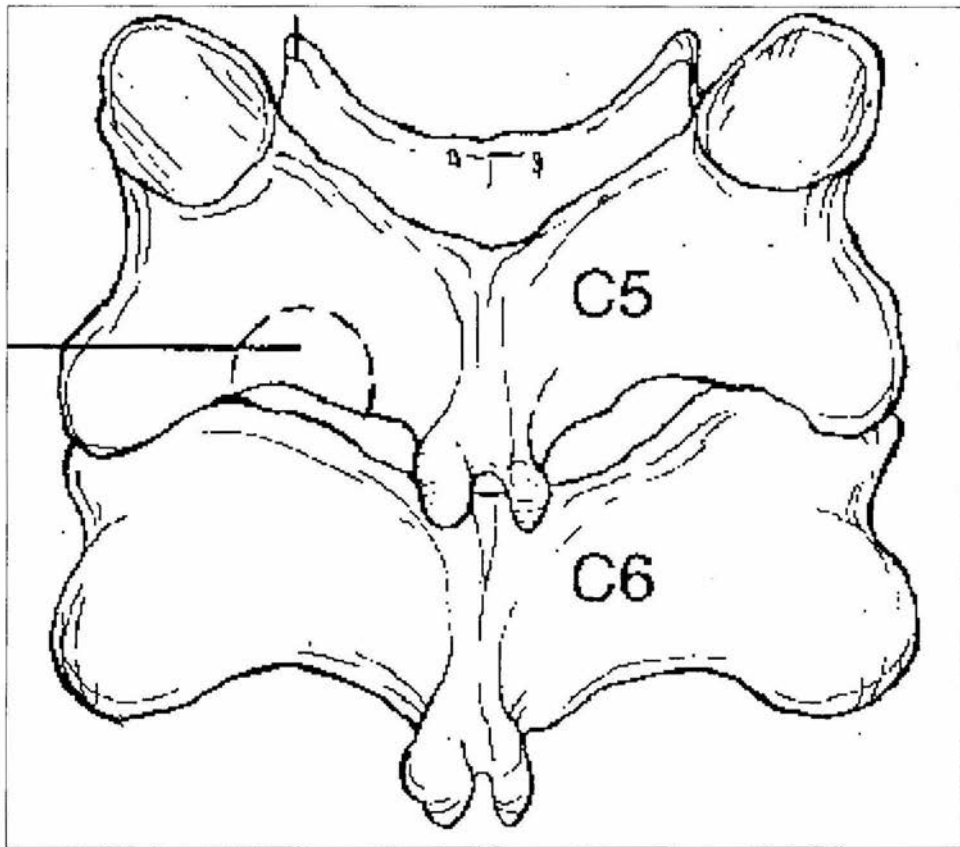
En relación a la posición de la RN, cuando ésta tenía una posición horizontal o su axila estaba muy cerca del borde superior del pedículo, el disco fue encontrado arriba del hombro de la RN; lo cual se observó en 4

especímenes (Figura 5). Solamente cuando la RN tenía una posición oblicua y su axila estaba alejada del borde superior del pedículo el disco se localizó debajo de su axila. (Figura 6)

Los controles fluoroscópicos laterales demostraron que todos los pins estaban dentro del disco y los controles posteroanteriores demostraron además que el keyhole se encontraba a la misma altura del disco. (Figura 7 y 8)



**Figura 9.** La relación de la raíz con el proceso uncinado y el disco cervical. El disco se localiza medial a la articulación uncovertebral. Parte de la faceta superior se aprecia por debajo de la faceta inferior. La arteria vertebral también se observa. 1=Cuerpo vertebral; 2=Proceso uncinado; 3=Faceta articular inferior; 4=FAS; 5=Arteria vertebral; 6=Médula espinal; 7=Ganglio de la raíz nerviosa.



**Figura 10.** Laminotomía semicircular propuesta sobre el tercio inferior de la lámina superior para el tratamiento de hernias laterales de disco cervical. En este estudio se comprobó que al realizarlo el foramen no se abre y la raíz no se expone.

## **XI. CONCLUSIONES**

En este estudio, al remover el tercio inferior de la lámina de la vértebra superior y usar como límite inferior de la LF el borde inferior de la FAS para remover su borde medial y la lámina adyacente, se demostró que el keyhole era del tamaño adecuado para abrir la pared posterior del foramen y exponer la raíz nerviosa (RN). (Figura 3)

Si bien, la mayoría de los reportes se centran en la descripción de la movilización de la axila del nervio hacia arriba para buscar el disco cervical, ninguno de ellos hace mención del uso de alguna referencia anatómica para localizarlo. En nuestro estudio resultó bastante confiable el uso de los bordes superior e inferior de la FAS para localizar el disco medial a la articulación uncovertebral. Sobre todo cuando la RN tenía una posición horizontal. Esto es muy importante de considerar sobre todo en la cirugía de pacientes ya que la tracción de la axila hacia arriba, sugerida para buscar el disco por debajo de la axila, puede lesionar seriamente una RN en posición horizontal.

Los controles fluoroscópico de cada nivel demuestran que el keyhole se encontraba a la misma altura del espacio intervertebral y que el pin estaba dentro del disco. (Figura 7 y 8)

Por lo que se concluye que las referencias anatómicas empleadas en este estudio para realizar la LFI son confiables para abrir el foramen, exponer la raíz y alcanzar el disco cervical, sin importar la posición de la raíz.

Estas referencias anatómicas no cambian porque están en la misma vértebra cervical y no se modifican aun cuando el espacio intervertebral se encuentre colapsado por algún proceso osteodegenerativo.



## **XII. BIBLIOGRAFÍA**

1. Rodrigues Ma, Hanel RA, Serrat DM, Antoniuk A, Araujo JC: POSTERIOR APPROACH FOR SOFT CERVICAL DISC HERNIATION: A NEGLECTED TECHNIQUE? SPINE 2001;55:17-22.
2. Ducker TB, Zeidman S: THE POSTERIOR OPERATIVE APPROACH FOR CERVICAL RADICULOPATHY. NEUROSURG CLIN NORTH 1993, 4:61-74.
3. Grundy PL, Germon TJ, Gill SS: TRANSPEDICULAR APPROACHES TO CERVICAL UNCOVERTEBRAL OSTEOPHYTES CAUSING RADICULOPATHY. NEUROSURG (SPINE 1) 2000;93:21-27.
4. Burke, TG, Caputy A: MICROENDOSCÓPIC POSTERIOR CERVICAL FORAMINOTOMY: A CADAVERIC MODEL AND CLINICAL APPLICATION FRO CERVICAL RADICULOPATHY. J NEUROSURG (SPINE 1) 2000;93:126-129.
5. Ebraheim NA, Rongmin X, Rizwan A. Bhatti BA and Yoasting RA: THE PROJECTION OF THE CERVICAL DISC AND UNCINATE PROCESS ON THEN POSTERIOR ASPECT OF THE CERVICAL SPINE. SURG NEUROL 1999;51:263-267.
6. Mixter WJ, Barr JS: RUPTURE OF THE INTERVERTEBRAL DISC WITH INVOLVEMENT OF THE SPINAL CANAL. N ENGL J MED 1934;211:210-215.
7. Scoville WB, Dohrmann GJ, Corkill G: LATE RESULTS OF CERVICAL DISC SURGERY. J NEUROSURG 1976;45:203-210.

8. Ziedman SM, Ducker TB: POSTERIOR CERVICAL LAMINOFORAMINOTOMY FOR RADICULOPATHY: REVIEW OF 172 CASES. NUROSURGERY 1993;33 (3):356-62.
9. Zdeblick TA, Zou D, Warden KE, McCabe R, Kunz D, et al: CERVICAL STABILITY AFTER FORAMINOTOMY. J BONE JOINT SURG 1992;74A:22-27.
10. Herkowitz HN, Kurz LT, Overholt DP: SURGICAL MANAGEMENT OF CERVICAL SOFT DISC HERNIATION. A COMPARISON BETWEEN THE ANTERIOR AND POSTERIOR APPROACH. SPINE 1990;15(10):1026-1030.
11. Epstein JA, Lavine LS, Aronso HA, Epstein BS: CERVICAL SPONDYLOTIC RADICULOPATHY: THE SYNDROME OF FORAMINAL CONSTRICTION TREATED BY FORAMINOTOMY AND THE REMOVAL OF OSTEOPHYTES. CLIN ORTHP 1965;40:113-122.
12. DePalma AF, Rothman RH, Levitt RL, et al: THE NATURAL HISTORY OF SEVERE CERVICAL DISC DEGENERATION. ACTA ORTHOP SCAND 1972;43:392-396.
13. Russel EJ, D'Angelo CM, Zimmerman RD, et al: CERVICAL DISC HERNIATION: CT DEMOSTRATION AFTER CONTRAST ENHANCEMENT. RADIOLOGY 1973;152:703-712.
14. Landman JA, Hoffman JCJ, Braun IF, et al: VALUE OF COMPUTED TOMOGRAPHY MYELOGRAPHY IN THE RECOGNITION OF CERVICAL HERNIATED DISC. AJNR 1984;5:391-394.

15. Krause D, Maitrot D, Buchheit F, et al: SOFT CERVICAL DISC HERNIATION. CT-SURGERY CORRELATIONS. J NEURORADIOL 1985;12:271-280.
16. Epstein N: A LAMINOFORAMINOTOMY FOR THE MANAGEMENT OF LATERAL AND FORAMINAL CERVICAL DISC HERNIATION OR SPURS. SUR NEUROL 2002;57:226-234.
17. Fager CA: IDENTIFIED AND MANAGEMENT OF RADICULOPATHY. NEUROSURG CLIN NORTH 1993, 4:1-12.
18. Hartrop JS, Silva MT, Ashwini DS, et al: CERVICOTHORACIC RADICULOPATY TREATED USING POSTERIOR CERVICAL FORAMINOTOMY/DISECTOMY. J NEUROSURG (SPINE 2) 2003;98:131-136.
19. Aldrich F: POSTEROLATERAL MICRODISCECTOMY FOR CERVICAL MONORADICULOPATHY CAUSED BY POSTEROLATERAL SOFT CERVICAL DISC SEQUESTRATION. J NEUROSURG 1990;72:370-377.
20. Matjasko J, Petrozza P, Cohen M, et al: ANESTHESIAS AND SURGERY IN THE SEATED POSITION: ANALYSIS OF 554 CASES. NEUROSURGERY 1985;17:695.
21. Rock JP and Ausman JI: THE USE OF THE OPERATING MICROSCOPE FOR CERVICAL FORAMINOTOMY. SPINE 1991;16:1381-1383
22. Baba H, Chen Q, Uchida K, Imura S, Morikawa S, Tomita K: LAMINOPLASTY WITH FORAMINOTOMY FOR COEXISTING CERVICAL MYELOPATHY AND UNILATERAL RADICULOPATHY: A PRELIMINARR REPORT. SPINE 1996;21(2):196-202.

23. Chen BH, natarajan RN, An HS and Anderson GBJ: COMPARISON OF BIOMECHANICAL RESPONSE TO SURGICAL PROCEDURES USED FOR CERVICAL RADICULOPATHY: POSTERIOR KEYHOLE FORAMINOTOMY VERSUS ANTERIOR FORAMNOTOMY AND DISCECTOMY VERSUS ANTERIOR DISCECTOMY WITH FUSION. J SPIN DISORD 2001;14:17-20.
24. Cusick JF, Yoganandan N. Pintar F., Mykebust J, Hussain H: BIOMECHANICS OF CERVICAL SPINE FACETECTOMY AND FIXATION TECHNIQUES. SPINE 1988; 13:808-812.
25. Raynor RB, Pugh J, Shapir I: CERVICAL FACETECTOMY AND ITS EFFECT ON SPINE STRENGTH. J NEUROSURG 1985;63:278-282.
26. Scoville WB, Dohrmann GJ and Corkill G. LATE RESULTS OF CERVICAL DISK SURGERY. J NEUROSURG 1976:45:203-210.
27. Fager CA. MANAGEMENT OF CERVICAL DISK LESIONS AND SPONDYLOSIS BY POSTERIOR APPROACHES. CLIN NEUROSURG 1977;24:488-507.
28. Henderson CM, Hennessy RG, Shuey HM, Shakelford EG: POSTERORLATERAL FORAMINOTOMY AS AN EXCLUSIVE OPERATIVE TECHNIQUE FOR CERVICAL RADICULOPATHY: A REVIEW OF 846 CONSECUTIVELY OPERATED CASES. NEUROSURGERY 13:504-511, 1983.
29. Hartrop JS, Silva MT, Sharan AD, Dante SJ and Simeone FA: CERVICOTHORACIC RADICULOPATHY TREATED USING

- POSTERIOR CERVICAL FORAMINOTOMY/DISCECTOMY J  
NEUROSURG (SPINE 2) 2003;98:131-136.
30. Kumar GR, Maurice-Williams RS, Bradford R: CERVICAL FORAMINOTOMY: AN EFFECTIVE TREATMENT FOR CERVICAL SPONDYLOTIC RADICULOPATHY. BR J NEUROSURG (ENGLAND) 1998;12(6):563-568.
31. Tomaras CR, Bladclcock JB, Parker WD, Harper RL: OUT PATIENT SIURGICAL TREATMENT OF CERVICAL RADICULOPATHY. J NEUROSURG 1997;87(1):41-3.
32. Witzmann A, Hejazi N and Krasznai N: POSTERIOR CERVICAL FORAMINOTOMY. A FOLLOW-UP STUDY OF 67 SURGICALLY TREATED PATIENTS WITH COMPRESSIVE RADICULOPATHY. NEUROSURG REV 2000;23:213-217.
33. Woertgen C. Holzchuh M, Rothoerl RD, hausler E. Brawanski A: PROGNOSTIC FACTORS OF POSTERIOR CERVICAL DISC SURGERY: A PROSPECTIVE CONSECUTIVE STUDY OF 54 PATIENTS. NEUROSURGERY 1997;40(4):724-728.
34. Jödicke A, Dorothea Daentzer, Käster S, Asamoto S and Böker DK: RISK FACTORS FOR OUTCOME AND COMPLICATIONS OF DORSAL FORAMINOTOMY IN CERVICAL DISC HERNIATIONS. SURG NEUROL 2003;60:124-30.
35. Raynor RB: ANTERIOR OR POSTERIOR APPROACH TO THE CERVICAL SPINE: AN ANATOMICAL AND RADIOGRAPHIC EVALUATIONAND COMPARISON. NEUROSURGERY 1983;12(1):7-13.
36. Tanaka N, Fujimoto Y, An HS, Ikuta Y, Yasuda M: THE ANATOMIC RELATION AMONG THE NERVE ROOTS,

- INTERVERTEBRAL FORMANINA, AND INTERVERTEBRAL DISCS OF THE CERVICAL SPINE. SPINE 2000;25 (3):286-291.
37. Saringer W, Nobauer I, Reddy M, Tschabitscher M and Horaczec A: MICROSURGICAL ANTERIOR CERVICAL FORAMINOTOMY (UNCOFORAMINOTOMY) FOR UNILATERAL RADICULOPATHY: CLINICAL RESULTS OF A NEW TECHNIQUE. ACTA NEUROCHIR 2002;144:685-694.
38. Xu R, Kang A, Ebraheim NA and Yeasting RA: ANATOMIC RELATIONS BETWEEN THE CERVICAL PEDICLE AND THE ADJACENT NEURAL STRUCTURES. SPINE 1999;2